

出國報告（出國類別：研習）

凱洛格生物研究站(Kellogg Biological  
Station)長期生態研究研習報告書

服務機關：行政院農業委員會農業試驗所

姓名職稱：陳琦玲 副研究員

葉明智 約聘人員

派赴國家：美國

出國期間：98年10月20日至98年11月1日

報告日期：99年1月18日

## 摘要

美國密西根州立大學 Kellogg Biological Station(KBS)，有關農業生態系之長期生態研究(Long Term Ecological Research, LTER)係由美國國家科學基金會(National Scientific Foundation, NSF )補助 26 個研究站 LTER 其中唯一的農業生態系研究。其自 1989 年建立，已有 20 餘年之歷史。台灣自 2004 年起藉由與其互訪交流，已在 2006 年建立台灣農業生態系長期生態研究站。本次研習之目的，除了解其能維持長期運作之方式，及其研究群多年來探討之議題，並研商可進行合作研究計畫之議題。本次研習藉由美方安排亦參訪威斯康遜大學在 Arlington 農業研習站之長期作物系統試驗(Wisconsin Integrated Cropping System Trial, WICST)，其研究經費係由美國農部(US Agricultural Department, USDA)補助，其規範與研究議題雖不及 KBS LTER，較偏重傳統農藝研究，但其維持長期運作與研究議題，仍值得台灣農業生態系 LTER 參考。

# 目 次

壹、研習目的 .....	4
貳、研習行程 .....	4
參、研習內容 .....	5
肆、心得與建議 .....	11
伍、附圖及說明 .....	14

## 壹、研習目的

本次研習的目的，係了解密西根州立大學 KBS LTER 與威斯康新州立大學 Arlington 長期作物系統試驗之運作模式，及其研究群探討之議題，並研商可與其進行共同合作之議題。

## 貳、研習行程

日期	行程
10月19日(一)	桃園機場搭乘長榮航空離開台灣
10月20日(二)	上午抵達 Kalamazoo，租車自行前往 Kellogg Biological Station (KBS)，下午參觀 LTER 主試區
10月21日(三)	上午由 Stacey Venderwulp 介紹 LTER 之土壤、滲漏水、氣體及植體採樣過程與處理及設備採樣過程與處理及設備，並參觀 LTER 主試區附近之農場準備室。下午由 Dr. Poonam Jasrotia 引導參觀 Great Lakes Bioenergy Research Center (GLBRC) 的主試區及試栽其他不同種類能源作物之小試區，再前往放大尺度農地 (Scale up) 參觀 C flux 量測塔
10月22日(四)	參觀大豆機械採收
10月23日(五)	1. 上午由 GIS 中心之 Suzanne Sippel 女士介紹 GIS 在 LTER 與 GLBRC 之應用、參加 Phil Robertson 教授 Lab meeting 2. 下午參觀 KBS 乳牛場與 KBS 每週邀請外賓、KBS 本身研究人員的演講
10月24日(六)	整理資料並參觀 KBS 之鳥園
10月25日(日)	租車自行前往 Wisconsin-Madison 大學住宿 Lowell Center
10月26日(一)	自行開車前往 Wisconsin-Madison 大學之 Arlington 農業試驗站
10月27日(二)	參觀 Wisconsin-Madison 大學土壤系製作之土壤剖

	面，並與 Phillip Barak 教授、拜訪經濟系 Jean Paul Charas 教授座談
10 月 28 日(三)	1. 上午由 Phil Robertson 教授之助理 Cavin Kahmark 先生介紹溫室氣體之採樣與量測 2. 下午與 Steve Hamilton 教授、Data manager Sven Bohm 座談
10 月 29 日(四)	自行開車前往密西根州立大學拜訪 Tom Schmitt 教授及其博士後研究員 Tracy Teal、農經系 Scott Swinton 教授與其博士班研究生 Shan Ma.
10 月 30 日(五)	參加 Phil Robertson 教授 Lab meeting
11 月 1 日(日)	上午抵達台北

## 參、研習內容

### 一、研習日誌

#### (一)10 月 20 日(二)

下午參觀由 LTER 計畫經理 Miss Stacey Vander Wulp 導引參觀 LTER 主試區。而後與 Phil Robertson 教授討論可能進行合作研究之方向。

#### (二)10 月 21 日(三)

上午由 Stacey Venderwulp 介紹 LTER 之土壤、滲漏水、氣體及植體（次/2 週）採樣過程與處理及設備，包括滲漏水  $\text{NH}_4$  與  $\text{NO}_3$  測定（自動分析儀）植體與土壤之全氮分析（元素分析儀）及溫室氣體量測（GC），並參觀 LTER 主試區附近之農場準備室。因從田裡採回之土壤與植體前處理過程總會有揚塵，為維持實驗室分析環境，故在農場蓋造此準備室，以進行樣本前處理，包括樣本秤重、過篩、烘乾、磨粉與樣本保存等。下午由 Dr. Poonam Jasrotia 引導參觀 Great Lakes Bioenergy Research Center (GLBRC) 的主試區及試栽其他不同種類能源作物之小試區。主試區共有 10 種處理，每一處理約為 0.5ha，試驗目的為尋找具潛力之能源作物及評估現有農地轉種某能源作物後對環境的衝擊，對照現有農地，包括原來草地與玉米田。再前往放大尺度農地（Scale up）參觀 C flux 量測塔，由 Dr. Terewzio Zenone 介紹其量測與維護。

(三)10月22日(四)

上午由 Steve Hamilton 教授之博士後研究員 Dr. Ajar Bhardwaj 介紹目前 LTER 與 GLRBC 對於土壤水分收支之量測與估算方法。其中係以 TDR 量測各土層之土壤水分，以 Porometer 量測葉面的蒸散，以 Steady state (chamber) 方法量測土壤蒸發量，目前忽略逕流部份之估算。下午參觀大豆機械採收。

(四)10月23日(五)

- 1.上午由 GIS 中心之 Suzanne Sippel 女士介紹 GIS 在 LTER 與 GLBRC 之應用，包括以美國農部 (USDA) 之土地分類等級，套疊土壤資料庫，計算可能種植能源作物之次級土地，以避免為栽種能源作物，而使糧食與飼料作物之栽種面積減小、糧食減產等問題。
- 2.參加 Phil Robertson 教授 Lab meeting，由研究生報告三處玉米田之  $N_2O$  排放。並參加 KBS 每週邀請外賓的演講，講題為探討某水系生態破壞與恢復。
- 3.下午由乳牛場經理 Mat. Hean 先生引導參觀 KBS 乳牛場設備與管理及廢棄物處理。該場引進自動化擠奶系統，售價 20 萬美金，其目的在研發中小型乳牛場之最佳管理模式，以協助中小型乳牛場之經營。
- 4.下午參加 KBS 本身研究人員的演講，講題為花柄長度演進的探討。

(五)10月26日(一)

由 Janet Hedtcke 女士與博士後研究員 Dr. Gregg Sanford 引導參觀長期作物系統試驗之主試區 (Wisconsin Integrated Cropping System trial, WICST)，試驗共有 9 種處理，4 個重複，已執行 20 年。並參觀 GLBRC 在 Wisconsin Arlington 之試區，共設計與目的與 KBS 者完全相同，只是增加不同土壤與氣候區之試區。下午參觀 Wisconsin-Madison 大學在 Wadison 之農業試驗站之牧草簡易保存設備。

(六)10月27日(二)

上午參觀土壤系製作之土壤剖面，並與 Phillip Barak 教授討論其長期試驗中有關土壤特性與肥力變遷之研究。並與 Jean Paul Charas 教授討論長期試驗之農業經濟評估。

(七)10月28日(三)

- 1.上午由 Phil Robertson 教授之助理 Cavin Kahmark 先生介紹溫室氣體之採樣與量測，包括 Steady State (chamber) 量測方法與自動化量測系統。自動量測系統費用高只能就少數量測點進行量測，但其可掌握同一點完整的氣體排放全貌，可彌補 chamber 量測方法之缺點，此方法不僅應用於 LTER 與主試區不同處理之溫室氣體量測，亦應用於不同氮肥施用量試驗之量測，了解不同施氮量之溫室氣體排放量。
- 2.下午與 Steve Hamilton 教授討論其 LTER 集水區中探討農業區操作對地面水與地下水之衝擊。並討論在台灣 LTER 研究站進行前述相關研究之可能性。
- 3.下午與 Data manager Sven Bohm 討論 LTER 之資料管理方式。因該站成立在 Metacat-Morpho 軟體發展之前，因此自行發展一套資料管理系統，但亦將資料轉成 EML 文件，可供網路文件交換。參與 LTER 之計畫均需在計畫結束後 2-3 年內發表後，將資料提供 KBS 網頁，以達資料共享的目的。各研究人員必須負責資料的品質，而管理系統亦提供資料檢核的功能。欲引用其資料者，需告知 Data Manager。目前該系統還不能貯存，影像檔（如照片等），所有影像檔另有一套貯存系統。

(八)10月29日(四)

上午前往密西州立大學拜訪 Tom Schmitt 教授及其博士後研究員 Tracy Teal，討論其在 LTER 中有關土壤微生物相之研究，其主要研究議題除了解 LTER 中不同耕作系統之微生物相的變遷外，並探討溫室氣體之產氣微生物的變化。其探討微生物族群之方法，除了採用傳統的培養方法，更利用分子生物方法，以具有某功能之基因，如具有產生甲烷之\_\_\_\_\_功能基因片段，與產生 N<sub>2</sub>O 之\_\_\_\_功能基因片段來估計某特定微生物族群量。拜訪農經 Scott Swinton 教授與其博士班研究生 Shan Ma 介紹其評估農業生態系服務功能之方法，包括以問卷方式調查農民與居民服務功能願意付出之金額與以土地價格來評估服務功能等。下午開車返回 KBS，與博士後研究員 Iurii Shcherbah 討論 SALUS( System Approach to Land Use Sustainability) 模式之模組，Minimum Data Set 與相關限制因子。由博

士後研究員 Ilya Gelfaud 介紹 (1) 從 KBS LTER 20 年的氣象資料分析，發現升溫與乾旱頻率增加之氣候變遷趨勢，及其對產量的影響。(2) 評估不同作物系統之耗能與節能減碳之可能性。

(九)10 月 30 日(五)

上午參加 Phil Robertson 教授 Lab meeting，由其助理報告 (1) IPCC 對於美國密西根州之 N<sub>2</sub>O 排放參考值與調整 (2) 不同作物系統對土壤品質的影響，並參加 KBS 每週邀請外賓的演講，探討不同地貌之作物系統對土壤微生物多樣性的影響，中午與 Phil Robertson 教授討論 KBS LTER 與台灣農業生態系 LTER 可能合作的議題。

## 二、KBS LTER 簡介

Kellogg Biological Station (KBS) 是美國國家科學基金會(NSF)國家 Long-Term Ecological Research (LTER) 中，26 個試驗站唯一的農業生態研究站。KBS 位於密西根州的西南方，Kalamazoo 的北部，在密西根大學東方蘭辛(East Lansing)校園以南 60 英里的地方。試驗站在一個混合景觀的鄉村裡，提供多種陸生和水生生物的棲息地之研究途徑。KBS 致力於生態學和環境生物學方面的長期研究，提供在自然上和人為管理上對生態系統影響的現象進一步的探討與理解。KBS LTER 試驗站的資金由 NSF 用撥給密西根州立大學和密西根農業實驗站的研究經費中支援提供。KBS 的試驗站中，建物設備包括現代實驗室、教室和一個會議中心，歡迎對試驗站所進行的研究感興趣的科學家及研究生前來參訪，並且提供當地生產特有食物和過夜或長期住房。

KBS 為什麼研究田間作物的農業生態學？因現代作物耕作系統模式極富有生產力，但是高的生產力伴隨著許多細微且逐漸增加，但不為大眾明顯可察覺的經濟和環境費用。購置性資本投入的經濟費用(例如燃料，肥料和殺蟲劑)經常是農場單一最大的花費。對於流失於地下水、地面水和空氣中的氮、磷和殺蟲劑等的環境費用是相當大量的。為降低這些費用，其中一個策略，是轉移作物管理方式，從基於化學物質投入式的系統逐漸改為基於生物物質投入式的系統，加強對有機生物的管理，能同時提供作物營養物質和免除害蟲危害，以達到高產要求的新管理系統。但是做這有效減少環境傷害的事情，需要具備基本生態知識。

**KBS** 正朝向獲得這些知識的研究前進。

作物耕作系統是由植物、昆蟲、微生物和其他有機生物相互影響所建立的一種可收穫產物的複雜體制。大多數管理策略都是想辦法增加資源並且除去害蟲產生，以成功達到最大生產量，但同時隱藏一些未估算到的花費；解決一個問題，卻能容易在別處系統內創造一個不同的複雜問題。一種避免隱藏費用發生的方法，是需理解系統相互作用的因子之間有什麼不同的影響。在 **KBS** 的科學家不僅測量與作物生產有直接關係的因子如營養物質、害蟲和水等，也同時量測與人為強力管理生態系統有關的其他關鍵部分。包括微生物和植物多樣性、水文流動、昆蟲食肉動物數量方面、溫室氣體排放物、人類行為和土壤有機物儲存庫的改變等，以上所述只是人為農地管理上生態系統中的一小部分的量測行為活動而已。

美國農業生態系統大約有百分之 50 美國的土地是從事農業，又大約其中一半是種植成列的農糧作物。在 **KBS** 中，著重的生態系統功能基本問題大約是這些：微生物和其他土壤生物體怎樣使營養物質對植物有效用？怎樣控制害蟲族群大小？怎樣使植物多樣性對生態系統生產力有貢獻？什麼物質從這些生態系統中調節氮的損失和其他污染物？農業提供的生態系統服務怎樣估算其價值。**KBS** 的研究設計來回答一些更深遠的問題，基於如何加強農業管理對生態的概念，減少農業對化學物質補貼的倚賴。

**KBS** 為何進行長期的實驗？短期實驗在鑑定很多生物體和確認作物耕作系統成功的重要過程時是有價值的，但是要理解這些片段資料如何拼湊成整體架構，則需要一個較長期的實驗來完成。例如乾旱，在強度方面變化，只發生在非常稀少的年分，竟然能戲劇性影響作物生產力和營養的損失，這和異常的濕年一樣具影響力。害蟲和病原體同樣可能突然爆發出稀有但嚴重的影響，以及一些生態系統特性，例如土壤微生物群體和土壤有機物，其改變非常地慢，可能需要數十年，才可由歷史文獻檔案證明其改變程度。生態系統之重要特性的長期測量數據，給 **KBS** 研究人員有能力發現細微的變化，並且提供一個有價值的背景資料，以解答短期遇到的問題。

**KBS** 除了進行生態研究外，也與教育單位進行室外教學合作。已經與當地理科教師、和進行提升密西根 K-12 科學課程內容的教育學院舉辦一次超過 10 年的長期的合作。計畫促進方式是透過 **KBS** 提供教師有關當今的生態學面臨的

問題之細詳資料，以科學方法的訓練方式提升學生科學的教育，例如鼓勵學生參加學年研究講習會和夏天科學研究營等。

**KBS LTER** 計畫是密西根州立大學生物試驗站的一部分，**KBS** 試驗站是密西根州立大學校外教育最大的場址，並且是北美洲最元老和非常特殊有名的內陸試驗站之一，訓練畢業生和大學生是 **KBS** 的主要任務之一，研究生和大學生都可留在試驗站進行研究，試驗站在每個夏天都提供很多領域課程讓許多學生參加，是一個教育兼研究的試驗站。

### 三、美國威斯康辛州整合栽培系統試驗

美國威斯康辛州整合栽培系統試驗(Wisconsin Integrated Cropping Systems Trial ,WICST)計畫，共有兩個輪作系統試驗場址，均在南威斯康辛州，此計畫已經發展為探討農場生物多樣性等廣泛議題的大型計畫，研究計畫內容大致可分為以下八項：

#### (一)核心系統試驗(Core Systems Trial)

自 1990 年開始從事六種威斯康辛州作物系統對於生產力、利潤和對環境衝擊的長期試驗。

#### (二)放牧乳牛場(Grass-Based Dairy)

WICST 跨領域研究團隊與牧場主人共同評估他們的季節性乳牛場的操作方式與效益。

#### (三)覆蓋作物計畫(Cover Crops Project)

WICST 的研究和在農場上的試驗，已經使用豆科植物作為的覆蓋作物，探討同時播種、霜播種(frost seeded)或者與禾穀類作物輪作的長期效應。

#### (四)橡樹大草原復育(Oak Savanna Restoration)

於威斯康辛州西南部蘇格蘭高地，觀察畜牧與野火對橡樹大草原榮枯變化的影響。

#### (五)穀類作物輪作探討(Small Grains Initiative)

與愛荷華、伊利諾、密蘇里達和威斯康辛等州的 40 個種植者一起執行研究，以促進玉米-大豆輪作的產量與品質。

#### (六)決策輔助工具 (Decision Aid Tools)

整合長期試驗結果所建立的電腦軟體，可協助農夫作栽培系統、營養管理、牛群管理、土壤保育和農場經營的策略參考。

#### (七)增進糞肥管理(Improving Manure Management)

威斯康辛州的地景是家畜農場和糧食農場混合而成。營養管理對上述兩種農場都是重要的，兩個不同類型的農場彼此間進行糞肥與秣草的交易，對於兩者都可能獲益。

#### (八)降低化學物質投入 (Reduced Input Systems)

藉整合長期試驗結果，提出降低化學物質施用之威斯康辛州作物系統。

WICST 研究團隊於共同試驗土地發展多項研究，例如：不同作物系統對土壤生物多樣性的效應、硝酸鹽淋洗和雜草壓力的影響程度等。此計畫也直接與生產者合作，進行農場試驗，包括覆蓋作物、穀物作物等，也使用決策輔助工具，探討有機物保護、營養物循環等問題。另外，此計畫正擴大”多樣性”問題至不同的領域，並且觀察輪流放牧對橡樹草原恢復的影響、在農業地景中植物大草原的枯榮和穀物農場和乳牛農場透過糞肥貿易連結，可互蒙其利等等。

#### 肆、心得及建議

一、KBS LTER 在美國科學基金會的補助下，已累積了 20 餘年不同自然生態系與耕作系統的資料，無論就氣候變遷，生態系服務功能，溫室氣體排放、農地碳吸存評估等議題，都可基於其累積的資料，進行不同生態系之功能與其對環境之衝擊的因應對策之分析，足見長期試驗之價值。

二、美國的 LTER 主要由美國科學基金會補助，每六年評鑑一次，然其經費大都只夠各研究站基本調查所需的經費，其他不同議題之研究經費則來自各研究

群基於其在研究站之研究，向各種不同單位申請補助。反觀國內農業生態系長期生態研究，亦無固定之經費支持，但前六年(95-100年)由於各機關長官之支持，公務預算已可維持研究站之運作，其形式與 KBS 相仿，若要使 LTER 可維持，仍有待研究人員研究議題之研擬，並向各單位申請研究經費補助。

三、本次研習藉由 KBS LTER 主持人 Phil Robertson 教授之安排，了解 KBS LTER 研究議題之多樣性，經與多位教授討論後，研擬未來可能進行雙邊合作之研究議題如下：

(一) 農業生態系服務評估(Economic Valuation of Ecosystem Services )  
密西根州立大學之 Scott Swinton 教授參與 KBS LTER 有關農業生態系服務評估，已逐漸發展一些評估方法，如藉由問卷調查，了解農民與居民願意付出恢復生態服務功能之金額等。其研發之方法是否適用於台灣的環境，值得進一步探討，藉由雙邊之合作，期可提出評估國內農業生態系在提供食物之外，其他服務功能之估價評估方法。

(二) 農業生態系對地面水與地下水之衝擊評估  
根據環保署 BOD 的調查農業，畜牧業對於地面水污染之貢獻度約為 15%，但尚無農業施肥對附近地面水質影響之大尺度研究。國內部份農業區之地下水氮素污染嚴重，其地下水已超過飲用水標準，而不能做為飲用水源。密西根州立大學之 Steve Hamilton 教授參與 KBS LTER 有關集水區內農業生態系對附近地面水與地下水之影響，已有多年的經驗。國內目前已建立的 LTER 研究站，皆位於農業區，農業操作皆有詳細的紀錄，有利於農業操作對環境衝擊程度之分析。將研擬與 KBS LTER 建立雙邊合作計畫，了解溫帶與亞熱帶農業操作對環境衝擊程度之差異。

(三) 農業區溫室氣體排放量測與減量對策研擬  
KBS LTER 為目前以全自動量測系統量測溫室氣體(包括 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>與 N<sub>2</sub>O)之少數研究站之一，國內多年前曾有國科會補助整體合作計畫，進行水田 CH<sub>4</sub>氣之測量，但當時並沒有自動量測系統之測量，並不能掌握氣體排放

之全貌。KBS LTER 可協助建立該系統，以提供 IPCC 較為準確之數據，亦能比較溫帶與亞熱帶農業區溫室氣體排放概況。

#### (四) 氣候變遷對農業生產之影響評估

SALUS 模式為密西根州立大學研究群整合各領域的研究成果發展出來的機制模式，其中包括十餘種作物之生長與養分循環的模擬。KBS LTER 將其應用於作物生長與氮素淋洗模擬，並應用於評估氣候變遷對生產的影響等。該模式發展過程雖廣泛收集世界各地的試驗進行分析，但是否可直接應用於台灣環境之分析，尚需進一步進行田間試驗結果之驗證。Phil Robertson 期台灣試驗資料亦可作為模式驗證與校正之基本資料，以擴充模式之應用範圍。

四、KBS LTER 在國科會的長期經費支持下，維持了研究站的運作與不同領域之研究，其中在養分循環與溫室氣體排放方面的研究，無論是植體、土壤、滲漏水、氣體均是二週採樣一次，因此累積之資料相當完整，而 WICST 為美國農部補助之長期試驗，經費與設備較不充足，仍偏重農藝方面的研究，植體與土壤僅在收穫後採樣，亦沒有量測滲漏水與溫室氣體。台灣農業生態研究才剛起步，雖已有許多不同領域的研究人員參與，但經費與設備仍不如 KBS，但卻優於 WICST。未來若能逐漸呈現成果，而擴大 LTER 之研究，將可對農業生態系有更多的了解；即或不然，若能維持如 WICST 的規模，其所累積不同作物系統對土壤品質與經費性分析亦相當有意義。

五、無論是 KBS LTER 或 WICST 都是討論不同作物系統對環境之影響，而不是針對某一因子進行比較。台灣農業 LTER 受限於試驗面積，不同的作物系統都只有兩種處理，處理間之差異性，包括二種以上不同的管理方式，因此無法單純比較某一因子，只能比較兩種不同的農耕方式，此與前過美國之處長期試驗相似。只是其試驗所包括的處理數(即不同的作物系統與農耕方式)高達 7-8 種。

## 伍、附圖及說明

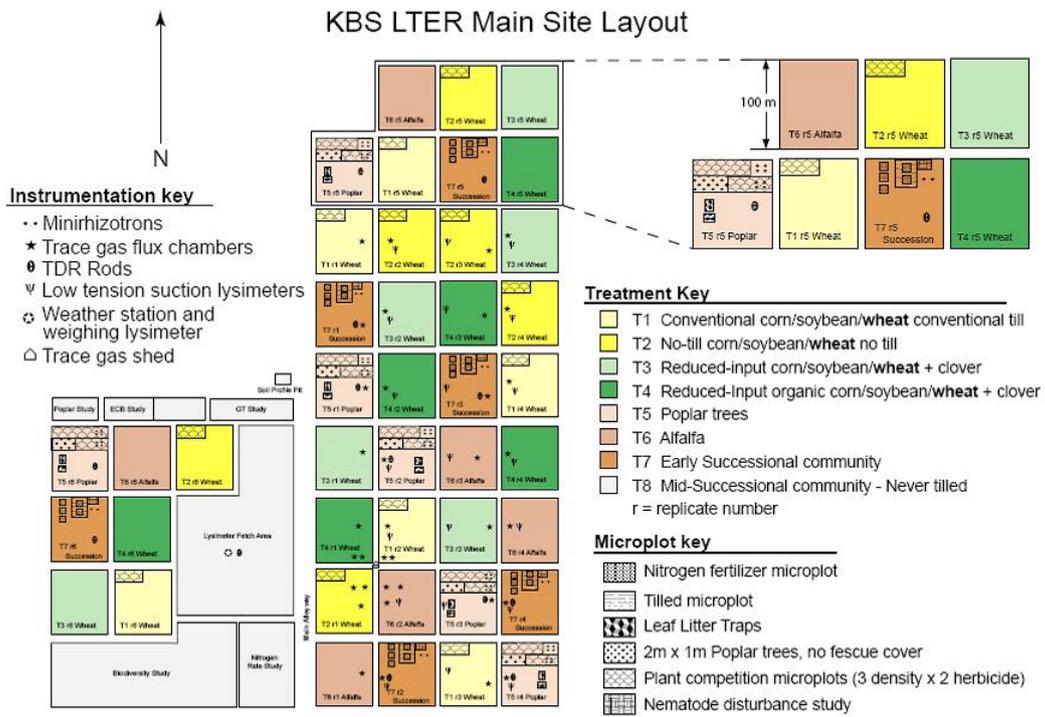


圖 1. KBS LTER 試驗場址處理配置圖



圖 2. KBS LTER 大豆試驗田



圖 2.

圖 3. KBS LTER 滲漏計滲漏水收集



圖 4. KBS LTER 土壤氣體收集器底部



圖 5. KBS LTER 土壤氣體收集器外觀

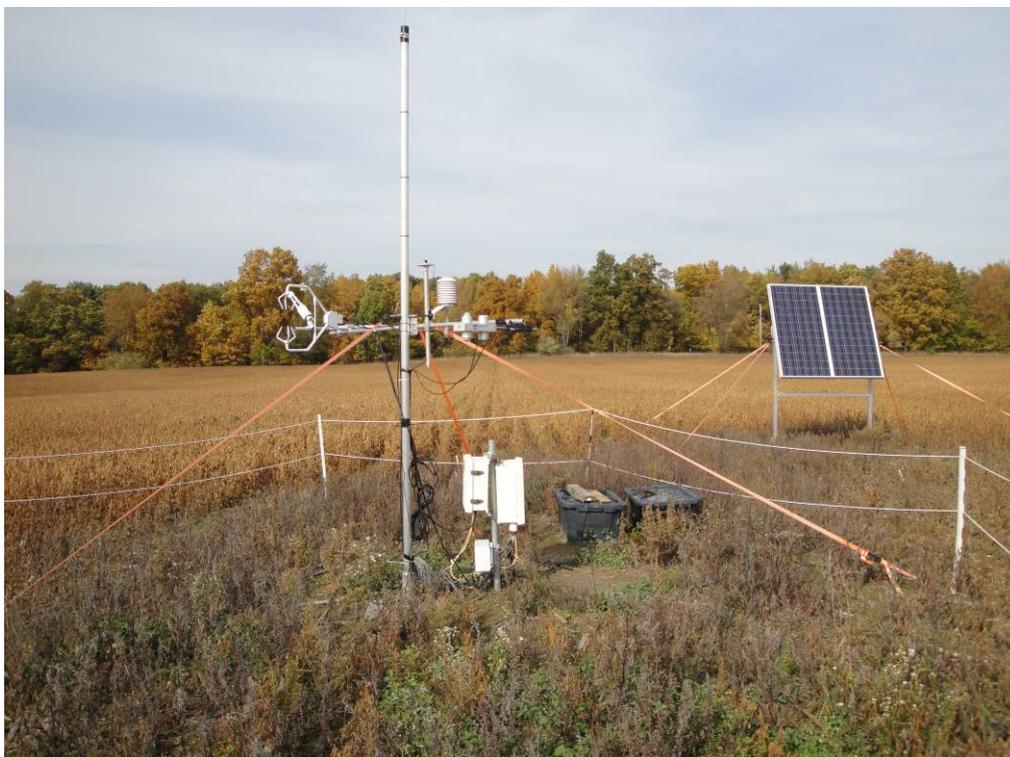


圖 6. KBS LTER 以太陽能供電監測氣象與二氧化碳流之裝置



圖 7. KBS LTER-溫度氣體排放自動測量系統

414	CS4	T8	DS Alfalfa	408	CS2	T2	NR Soybeans
413	CS5	T11	Est. Alfalfa I	407	CS3	T6	WR Soybeans
412	CS1	T1	Continuous Corn	406	CS4	T9	Corn
411	CS3	T5	Wheat/red clover	405	CS6	T14	Pasture
410	CS5	T12	Oat/pea/alfalfa	404	CS4	T10	Est. Alfalfa II
409	CS4	T7	Est. Alfalfa I	403	CS5	T13	Corn
Restored prairie				402	CS3	T4	Corn
				401	CS2	T3	No-till Corn
				309	CS4	T10	Est. Alfalfa II
				308	CS4	T9	Corn
314	CS5	T12	Oat/pea/alfalfa	307	CS3	T5	Wheat/red clover
313	CS3	T6	WR Soybeans	306	CS1	T1	Continuous Corn
Restored prairie				305	CS4	T7	Est. Alfalfa I
				304	CS5	T11	Est. Alfalfa I
				303	CS2	T3	No-till Corn
				302	CS6	T14	Pasture
312	CS5	T13	Corn	301	CS3	T4	Corn
311	CS4	T8	DS Alfalfa	214	CS2	T3	No-till Corn
310	CS2	T2	NR Soybean	213	CS5	T12	Oat/pea/alfalfa
114	CS5	T13	Corn	212	CS3	T6	WR Soybeans
113	CS4	T8	DS Alfalfa	211	CS5	T13	Corn
112	CS6	T14	Pasture	210	CS4	T8	DS Alfalfa
111	CS4	T7	Est. Alfalfa I	209	CS4	T7	Est. Alfalfa I
110	CS5	T11	Est. Alfalfa I	208	CS5	T11	Est. Alfalfa I
109	CS1	T1	Continuous Corn	207	CS6	T14	Pasture
108	CS2	T2	NR Soybean	206	CS2	T2	NR Soybeans
107	CS4	T10	Est. Alfalfa II	205	CS4	T10	Est. Alfalfa II
106	CS3	T5	Wheat/red clover	204	CS1	T1	Continuous Corn
105	CS4	T9	Corn	203	CS4	T9	Corn
104	CS3	T4	Corn	202	CS3	T5	Wheat/red clover
103	CS5	T12	Oat/pea/alfalfa	201	CS3	T4	Corn
102	CS3	T6	WR Soybeans	A	CS3	50#N	Wheat/Red Clover
101	CS2	T3	No-till Corn	B	CS3	50#N	WR Soybeans
A	CS3	50#N	Wheat/Red Clover	C	CS3	50#N	Corn w/starter
B	CS3	50#N	WR Soybeans	D	CS3	50#N	Corn w/starter
C	CS3	50#N	Corn w/starter	E	CS3	50#N	Wheat/Red Clover
				F	CS3		WR Soybeans

圖 8. WICST 試驗場址處理配置圖

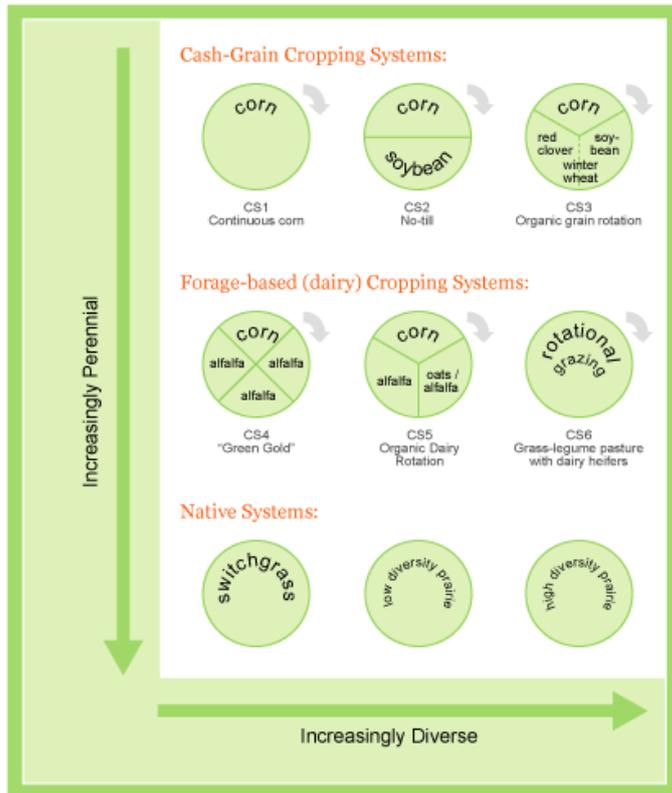


圖 9. WICST 不同作物系統之生物多樣性示意圖



圖 10. WICST 玉米田收穫後情形



圖 11. WICST 玉米田低投入不耕犁處理



圖 12. 威斯康新州玉米田與大豆田